

⑨ 日本国特許庁(JP)

⑩ 実用新案出願公開

⑪ 公開実用新案公報(U) 昭61-95104

⑫ Int. Cl.

H 03 B 5/32
5/04
H 03 L 1/02

識別記号

庁内整理番号

A-6749-5J
7530-5J
7530-5J

⑬ 公開 昭和61年(1986)6月19日

審査請求 未請求 (全頁)

⑭ 考案の名称 温度補償型水晶発振回路装置

⑮ 実 願 昭59-180173

⑯ 出 願 昭59(1984)11月28日

⑰ 考 案 者 青 田 俊 雄 東京都大田区雪谷大塚町1番7号 アルプス電気株式会社
内

⑱ 出 願 人 アルプス電気株式会社 東京都大田区雪谷大塚町1番7号

⑲ 代 理 人 弁理士 森 田 寛 外3名

BEST AVAILABLE COPY

明 細 書

1. 考案の名称

温度補償型水晶発振回路装置

2. 実用新案登録請求の範囲

水晶振動子を用いて発振させ、該発振周波数の温度による変化を補償する回路を備えた温度補償型水晶発振回路装置において、発生する電圧が温度上昇に応じて増加あるいは減少する電圧発生回路と、前記温度に応じて発生した電圧に基づいて第1の所定温度以下では容量値が温度上昇とともに増加しかつ第1の所定温度以上では容量値が一定であるようにした第1の可変容量ダイオード回路と、前記温度に応じて発生した電圧に基づいて第1の所定温度よりも高い第2の所定温度以下では容量値が一定でありかつ第2の所定温度以上では容量値が温度上昇とともに増加するようにした第2の可変容量ダイオード回路とを備えており、前記第1の可変容量ダイオード回路と第2の可変



容量ダイオード回路とはそれぞれ前記水晶振動子と直列に接続されたことを特徴とする温度補償型水晶発振回路装置。

3. 考案の詳細な説明

(A) 産業上の利用分野

本考案は、温度補償型水晶発振回路装置、特に、第1の所定温度以下では容量値が温度上昇とともに増加しかつ第1の所定温度以上では一定を保つ第1の可変容量ダイオード回路と、第2の所定温度以下では容量値が一定を保ちかつ第2の所定温度以上では温度上昇とともに増加する第2の可変容量ダイオード回路とをもうけた温度補償型水晶発振回路装置に関するものである。

(B) 従来の技術と考案が解決しようとする問題点
一般に水晶振動子は、周囲温度の変化に伴い振動周波数が変動することが知られている。第2図にATカット水晶振動子の温度特性の一例を示す。この例では5℃に山を、45℃に谷を持つ。この様に3次曲線で近似される。このため、水晶発振

BEST AVAILABLE COPY

回路で例えば通信機等の基準発振器の様な高安定発振器を得る場合には、何らかの温度補償が必要となるとともに小型化、低価格、低消費電力化を要求される。

一般的に発振回路はコルピッツ形で形成し発振状態に於いて水晶振動子は誘導性インピーダンスとなるから水晶振動子より見た発振回路側の等価インピーダンスは容量性にする。従って発振回路の等価容量を変えれば発振周波数に変化することから、水晶振動子の温度特性に合わせて等価容量を変化すれば、温度に対する周波数偏差を補償することができる。

従来、例えば第2図の様な特性の水晶振動子を用いて水晶発振回路の温度補償を行ないより安定な特性を得ようとする場合には、第1の方法として、水晶振動子を恒温槽内に設置して、水晶振動子の温度を一定に保つことによって発振周波数を一定に保つようにしたり、第2の方法として可変容量ダイオードを水晶振動子に直列に接続し、温度に応じて異なる制御電圧をこの可変容量ダイオ

ードに印加して発振周波数を一定に保つようにする。この場合制御電圧を得るには種々あるが、サーミスタと固定抵抗器とをいくつかブリッジに接続し温度に応じて所望の電圧を得る方法や、サーミスタを含むブリッジ回路の不平衡電圧を差動増幅器で検出して所望な電圧を得る方法等がある。

しかし、第1の方法では、

- (1) 恒温槽内の温度を一定に保つためヒーター等を設置し加熱電流を流す必要があり消費電流が大きくなってしまう。
- (2) 電源スイッチを入れてから恒温槽が定常状態になるまでに時間を要するのでスイッチを入れてからすぐには使えない。
- (3) 恒温槽を備えなければならず形状が大きくなってしまう。
- (4) 恒温槽およびヒーターを備えなければならずコストが高くなってしまう。

以上の欠点より可搬形の通信機等に用いることは実用的でない。また第2の方法では、

BEST AVAILABLE COPY

- (1) 広範囲の温度にわたって制御電圧を得る必要があるが、構成部品にバラツキ等があり、所望の制御電圧が得られない。
- (2) サーミスタの抵抗値が温度により勾配許容度が比較的大きくかつ回路網内のサーミスタがそれぞれバラツキあるため制御電圧に大きな影響を与える。
- (3) 可変容量ダイオード1個で補償しようとしており、複雑な温度特性を補償するには回路補正用の素子が複雑に接続されるばかりでなく、各温度での補正調整が困難である。

(C) 問題点を解決するための手段

本考案は上記の欠点を解決するようにしており、低温域と中温域と高温域とについて夫々別々に温度補償を行ない得るようにした回路構成を与えるようにしている。そしてそのため、本考案の温度補償型水晶発振回路装置は、水晶振動子を用いて発振させ、該発振周波数の温度による変化を補償する回路を備えた温度補償型水晶発振回路装置において、発生する電圧が温度上昇に応じて増加あ

るいは減少する電圧発生回路と、前記温度に応じて発生した電圧に基づいて第1の所定温度以下では容量値が温度上昇とともに増加しかつ第1の所定温度以上では容量値が一定であるようにした第1の可変容量ダイオード回路と、前記温度に応じて発生した電圧に基づいて第1の所定温度よりも高い第2の所定温度以下では容量値が一定でありかつ第2の所定温度以上では容量値が温度上昇とともに増加するようにした第2の可変容量ダイオード回路とを備えており、前記第1の可変容量ダイオード回路と第2の可変容量ダイオード回路とはそれぞれ前記水晶振動子と直列に接続されたことを特徴としている。

(D) 実施例

第1図は本考案による温度補償型水晶発振回路装置の一実施例構成を示す。

実施例に於いて水晶発振回路側は一般的なコルピッツ発振回路なので説明は省略する。図示の場合、水晶振動子Xに容量C₁を介し可変容量ダイオード（以下ダイオードと呼ぶ）D₁が直列に接

BEST AVAILABLE COPY

続され、容量 C_0 を経て接地されている。又容量 C_1 を介し可変容量ダイオード（以下ダイオードと呼ぶ） D_2 が接続され、容量 C_0 を経て接地されている。これらのダイオード D_1 、 D_2 はカソード側でバイアス抵抗 R_5 、 R_6 と R_7 、 R_8 で別々にバイアスされ、これらを外部よりコントロールする電圧がダイオード D_1 には抵抗 R_9 を介しダイオード D_2 には抵抗 R_{10} を介して別々に入力されている。これらのダイオード D_1 、 D_2 に水晶振動子の温度特性を補正する様に周囲温度に応じて制御電圧を印加し、広い温度範囲にわたって発振周波数の安定な水晶発振回路を実現している。

周囲温度に応じた電圧を得る回路として第1図においては、トランジスタ TR_1 の接合順方向電圧 V_{BE} の温度に対する変化を利用し、この変化電圧をオペアンプ OP_1 で反転して増幅し③点に得ている。 R_{11} 、 R_{12} はオペアンプ OP_1 のバイアス抵抗であり、 V_{R_1} はトランジスタ TR_1 の温度による電圧 V_{BE} の電圧変化を所望の大きさの電圧変化に調整する為の利得調整用可変抵抗であり、

$V R_2$ はオフセット調整用の可変抵抗である。

図示において、ダイオード D_1 , D_2 は、カソードがそれぞれ容量 C_5 , C_7 を介して水晶振動子 X に直列に接続されているとともに、後述するトランジスタ $T R_2$, $T R_3$ での制御電圧発生回路に入力抵抗 R_{10} , R_9 を介して接続されており、周囲温度に対応した電圧に基づいて上記トランジスタ $T R_2$, $T R_3$ により得られた制御電圧に応じて容量が変化する様になっている。また上記ダイオード D_2 のカソードにバイアス抵抗 R_7 , R_8 で、またダイオード D_1 のカソードにバイアス抵抗 R_5 , R_6 でそれぞれバイアス設定され、定数によって動作点が任意に選べるとともに検出電圧選定回路トランジスタ $T R_2$ のバイアス抵抗 R_{11} , R_{12} の比で又トランジスタ $T R_3$ のバイアス抵抗 R_{14} , R_{15} の比で動作点が任意に設定される様に構成されている。そしてこの実施例では温度センサー用のトランジスタ $T R_4$ およびオペアンプ $O P_1$ を含む電圧発生回路と、これから発生した直流電圧をバイアス電圧によって加工してダイオード D_1 ,

本
図
は
特
許
文
書
に
掲
載
さ
れ
て
い
る
。

BEST AVAILABLE COPY

D₂ に印加するトランジスタ TR_3 , TR_2 にて構成した制御電圧発生回路とが設けられている。

温度センサーに用いられているトランジスタ TR_4 はベースエミッタ間順方向接合電圧 V_{BE} が温度によって高感度に変化し良好な直線性を有することが知られており、第5図(イ)に示す如くその温度係数は比較的大きな値を示す。実施例ではトランジスタ TR_4 の温度による V_{BE} の変化をオペアンプ OP_1 により所望の大きさの電圧に反転増幅し、第5図(ロ)に示す如く、第1図図示(㊸)の点に電圧を発生させている。抵抗 VR_2 は定電流でバイアスしているのでトランジスタ TR_4 の V_{BE} の変化はそのままオペアンプに入力されて所望の出力電圧を得る。また抵抗 VR_2 でオフセットを任意に設定できる。この実施例では常温にて設定するようにしている。

オペアンプ OP_1 で増幅された電圧は抵抗 R_{15} を介しトランジスタ TR_2 のベースへ、又抵抗 R_{16} を介してトランジスタ TR_3 のベースへ、それぞれ分岐させて印加されている。又トランジスタ

TR_2 のエミッタからの出力を入力抵抗 R_{10} を介しダイオード D_2 のアノードに、トランジスタ TR_3 のエミッタからの出力を入力抵抗 R_9 を介しダイオード D_1 のアノードにそれぞれ接続し、即ちトランジスタ TR_2 、 TR_3 のベースへ印加された電圧の変化分をそれぞれのエミッタに発生させ、入力電圧による変化分に応じた可変容量ダイオードの容量変化によって、水晶発振回路の発振周波数を変えるように構成している。

第5図を用いて各部の電圧関係を説明する。

上記トランジスタ TR_2 は抵抗 R_{11} と R_{12} によってエミッタにバイアス電圧が加えられており、周囲温度が温度 T_2 よりも高くなって、該トランジスタのベース入力電圧が（バイアス電圧 + V_{BE} ）よりも高い場合にはONになり、低い場合にはOFFになる。このときのダイオード D_2 のアノード電圧を V_{D2A} とすると第5図（ハ）になる。入力電圧が高くてトランジスタ TR_2 がONになっている場合には、入力電圧に比例した出力電圧が入力抵抗 R_{10} を介してダイオード D_2 に加えら

BEST AVAILABLE COPY

れ、その電圧に応じてダイオード D_2 の容量値が変る。ダイオード D_2 のカソード電圧 V_{D2c} は電圧 V_{D2A} よりも高く設定されている。一方入力電圧が低くてトランジスタ TR_2 が OFF になっている場合にはバイアス抵抗 R_{11} , R_{12} による一定電圧が抵抗 R_{10} を介してダイオード D_2 に加えられ、ダイオード D_2 は一定容量に保たれる（第5図（ハ）参照）。

又トランジスタ TR_3 はコレクタを抵抗 R_{14} , R_{17} によりバイアスされており、周囲温度が温度 T_1 より高くなって、該トランジスタのベース入力電圧が（バイアス電圧 $-V_{CE\text{ sat}} + V_{BE}$ ）よりも高くなった場合には、該トランジスタが飽和状態になる。このため一定の直流電圧が入力抵抗 R_9 を介してダイオード D_1 に加えられダイオード D_1 は一定容量に保たれる。このときダイオード D_1 のカソード電圧 V_{D1c} は電圧 V_{D1A} よりも高くなるように設定されている。又入力電圧がそれ以下の場合には、入力電圧の変化に応じた電圧がダイオード D_1 に加えられ、その電圧に応じてダ

イオード D_1 の容量値が変わる（第 5 図（二）参照）。

そして第 2 図に例示した水晶振動子の温度特性を補償するために、第 1 図のダイオード D_2 は高い温度領域にて動作させるようカソードを抵抗 R_7, R_8 によって高い電圧にてバイアスされており、ダイオード D_1 は低い温度領域にて動作させるようカソードを抵抗 R_5, R_6 によって低い電圧にバイアスしている。

以上の様に周囲温度変化に応じた電圧を第 1 図の⑥に出力させた上で、上記トランジスタ TR_2, TR_3 のエミッタの出力電圧の変化に応じてそれぞれ動作を変えて上記ダイオード D_1, D_2 に印加し、容量を制御することによって、水晶発振回路の発振周波数が温度変化により変化しない様に温度補償が行なわれることになる。即ち、周囲温度が温度 T_2 より高い方向に行った場合には水晶の振動周波数は高くなるためダイオード D_2 の端子間電圧（ $V_{D2C} - V_{D2A}$ ）を小さくして容量を大とし、逆に周囲温度が温度 T_1 より低くなった場

BEST AVAILABLE COPY

合には振動周波数が低くなるため、ダイオード D_1 の端子間電圧 ($V_{D1C} - V_{D1A}$) を大きくして、容量を小さくすることができ、温度補償を行なうことができる。図示実施例では第2図の様なATカットの水晶振動子の温度特性を補償する為に第5図(ホ)、(ヘ)に示す如く $+45^\circ\text{C}$ 以上にてダイオード D_2 の容量変化(ホ)を得、 $+5^\circ\text{C}$ 以下ではダイオード D_1 の容量変化(ヘ)を得られる様、それぞれのバイアスが設定されている。又中温域の $+5^\circ\text{C}$ ないし $+45^\circ\text{C}$ の範囲については第1図図示の共振容量 C_3 、 C_4 等に負の温度補償用容量を使用し補償している。

従って発振周波数の温度特性を一定に保つようにした時の各温度補償素子による発振周波数特性を示すと第3図の様になる。即ち、図中⑥は中温域を補償するために負の温度補償容量を使用した第1図の共振容量 C_3 、 C_4 による特性である。又第2図図示の温度 T_2 より高い温度範囲 ($+45^\circ\text{C}$ 以上) のみを補償する様にバイアスを設定してトランジスタ TR_2 に制御出力電圧を得た場合第

3 図⑥の特性になり、温度 T_1 より低い温度範囲（ $+5^\circ\text{C}$ 以下）のみを補償する様にバイアスを設定してトランジスタ $T R_2$ に制御出力電圧を得た場合第 3 図④の特性になる。これらの特性を合成すると第 3 図図示⑥の補償発振周波数特性が得られる。

従って上記の特性が得られる水晶発振回路に第 2 図の特性を示す水晶振動子を接続した場合第 4 図に示す補償された発振周波数特性が得られ、広範囲な温度に於いて極めて安定な水晶発振器が実現できる。なお当該実施例として温度範囲を $-20^\circ\text{C} \sim +70^\circ\text{C}$ に設定しかつそれぞれの可変容量ダイオードの動作点を $+45^\circ\text{C} \sim +70^\circ\text{C}$ 、 $+5^\circ\text{C} \sim -20^\circ\text{C}$ に区分してあるが、回路のバイアス等の変更によりこれらの値を使用する水晶振動子の特性に合わせ自由に設定できることは言うまでもない。また共振容量 C_3 、 C_4 等の温度特性も変化させれば補償曲線の傾斜も自由に設定できることも言うまでもない。更にオペアンプ $O P_1$ で入力電圧を反転しないで出力した場合（第 1 図では

BEST AVAILABLE COPY

(-) の入力端子へ入力しているので入力と出力が反転するが、(+) の入力端子へ入力すれば入力と出力が反転しない)、第1図図示のダイオード D_1 、 D_2 のアノードとカソードを逆にして接続すれば第1図回路の動作と同じ動作が得られる。

第6図は他の実施例の要部を示している。第1図図示実施例ではトランジスタを用いてダイオード D_1 、 D_2 に加える電圧を制御しているが、第6図の実施例ではツェナーダイオード ZD_1 、 ZD_2 を用いてダイオード D_1 、 D_2 に加える電圧を制御している。ダイオード D_1 、 D_2 の電圧制御以外の回路は第1図と同じであり、図示①点が第1図図示②点に相当すると考えてよい。

温度が上昇すると①点の電圧は、第7図(ト)のように下降する。するとオペアンプ OP_1 の出力(④点の電圧)は第7図(チ)のように上昇する。そして②点の電圧は上昇し、ツェナーダイオード ZD_1 のツェナー電圧まで上昇し、以後はツェナー電圧に保たれる(第7図(ヌ))。ツェナーダイオード ZD_1 のツェナー電圧と④点の電圧

とは所定の温度 T_1 で一致するように、ツェナーダイオード ZD_1 の特性と、オペアンプ OP_1 の増幅度とが選ばれている。ダイオード D_1 のアノードには前記②点の電圧が加えられ、カソードには前記④点の電圧よりも高い一定電圧が加えられているので、ダイオード D_1 の容量は温度 T が T_1 以下では温度とともに増加し、 T_1 以上では一定である（第7図（ヲ））。

又、温度が上昇し、④点の電圧が第7図（ト）のように下降すると、オペアンプ OP_2 の出力（④点の電圧）は第7図（リ）のように下降する。そして④点の電圧は④点の電圧がツェナーダイオード ZD_2 のツェナー電圧まで下降する間ツェナーダイオード ZD_2 のツェナー電圧に保たれ、以下は下降する（第7図（ル））。ツェナーダイオード ZD_2 のツェナー電圧と④点の電圧とは所定の温度 T_2 で一致するように、ツェナーダイオード ZD_2 の特性とオペアンプ OP_2 の増幅度とが選ばれている。ダイオード D_2 のカソードには前記④点の電圧が加えられ、アノードには前記④点

BEST AVAILABLE COPY

の電圧よりも低い一定電圧が加えられているので、ダイオード D_2 の容量は温度 T が T_2 以下では一定であり、 T_2 以上では温度とともに増加する（第7図（ワ））。

前記温度 T_1 よりも T_2 の方が大きいとすれば、ダイオード D_1 、 D_2 の並列接続による合成容量は、温度 T_1 以下では温度とともに上昇し、温度 T_1 から T_2 の間では温度変化に関係なく一定で、温度 T_2 以上では温度とともに上昇する。中温域については、第1図図示の場合と同様に共振容量 C_3 、 C_4 などの特性によって所望の特性を与えられる。

（E）考案の効果

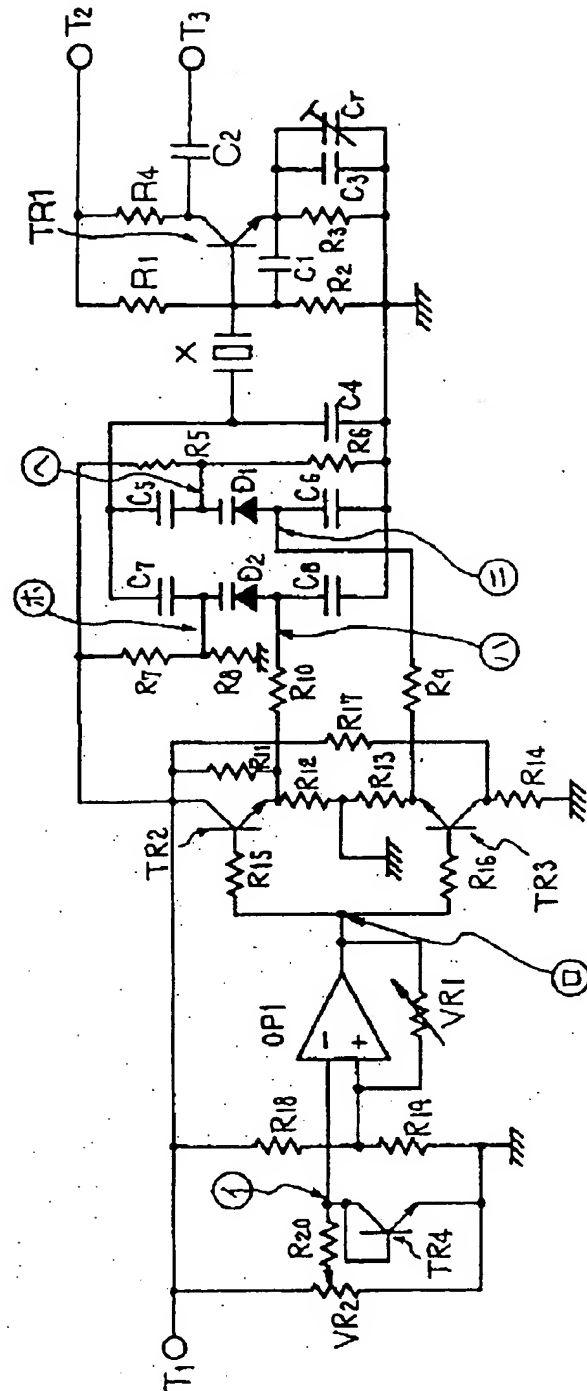
以上説明した如く、本考案によれば、低温域、中温域、高温域の3部分に分けてそれぞれ別々に補償できるため、温度による発振周波数特性の異なる各種の水晶振動子に対して、実用上十分な温度範囲に亘り容易に補償することができる。

4. 図面の簡単な説明

第1図は本考案の一実施例構成、第2図は水晶振動子の特性、第3図は第2図図示の特性を補償するための特性、第4図は補償結果を表わす説明図、第5図は第1図図示構成の動作を説明する説明図、第6図は本考案の他の一実施例の要部構成、第7図は第6図図示の構成の動作を説明する説明図を示す。

図中、Xは水晶振動子、 D_1 、 D_2 は夫々可変容量ダイオード、 C_3 、 C_4 は夫々共振容量、 TR_1 は温度センサとして働らくトランジスタを表わす。

実用新案登録出願人 アルプス電気株式会社
代理人弁理士 森田 寛（外3名）

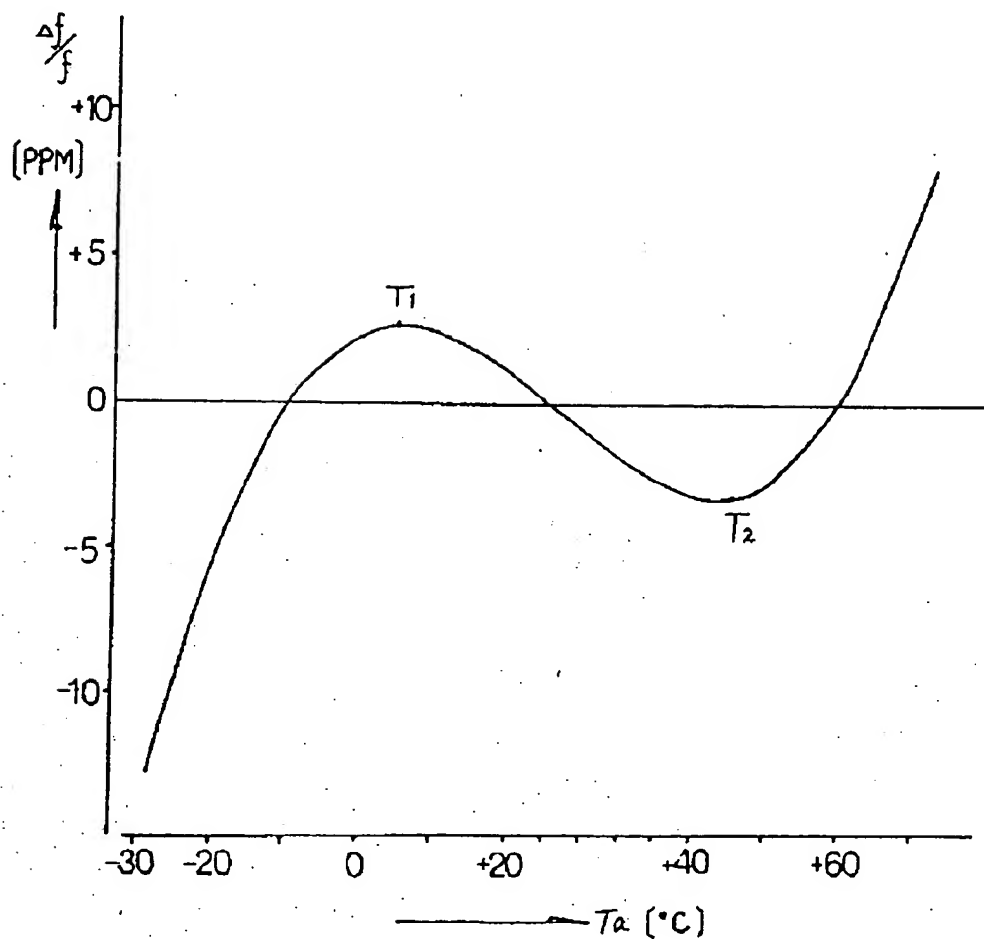


第1図

出願人 アルプス電気株式会社

代理人弁理士 森田 寛 (外3名)

BEST AVAILABLE COPY



第 2 図

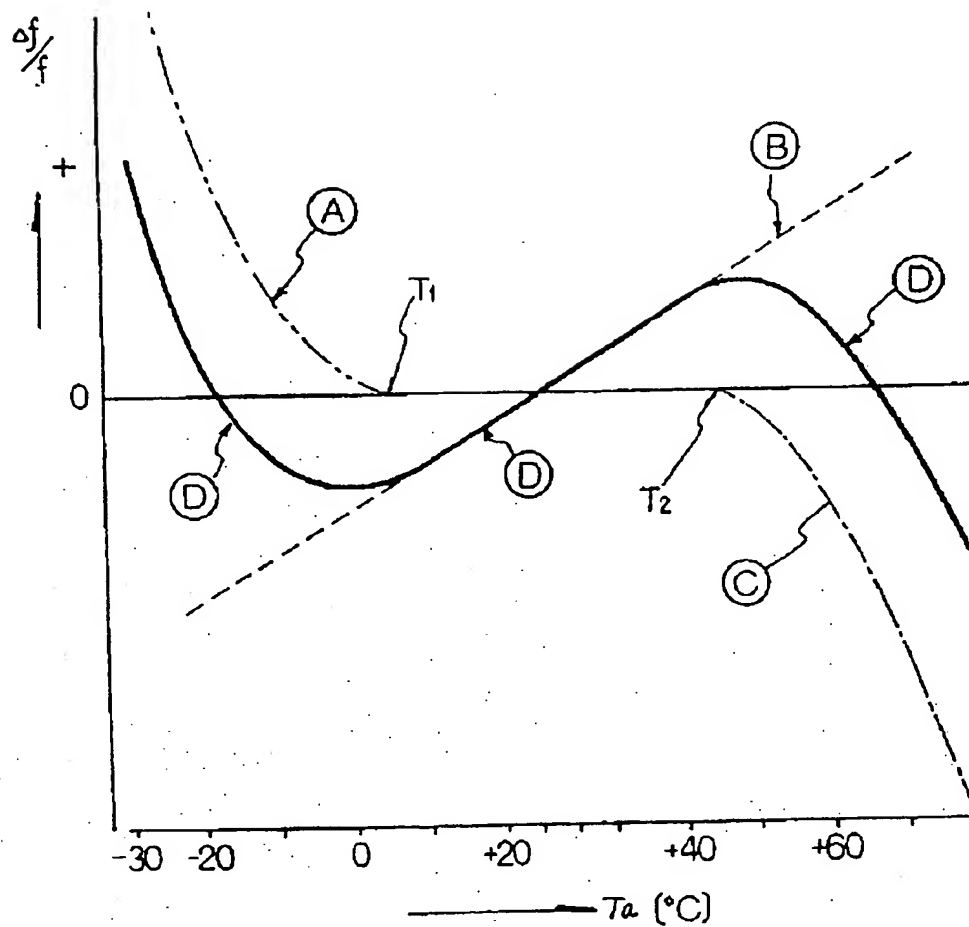
出 願 人 アルプス電気株式会社

代理人弁理士 森田 寛 (外3名)

50

実開61-95104

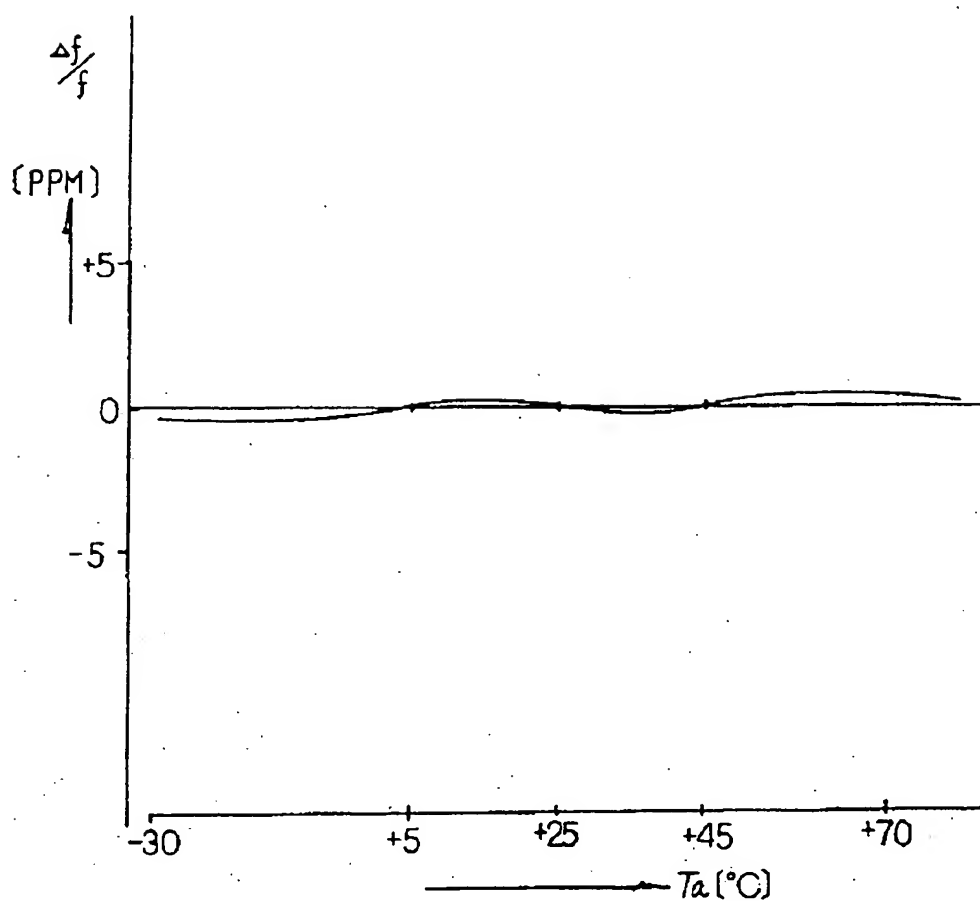
BEST AVAILABLE COPY



第 3 図

出 願 人 アルプス電気株式会社

代理人弁理士 森田 寛 (外3名)

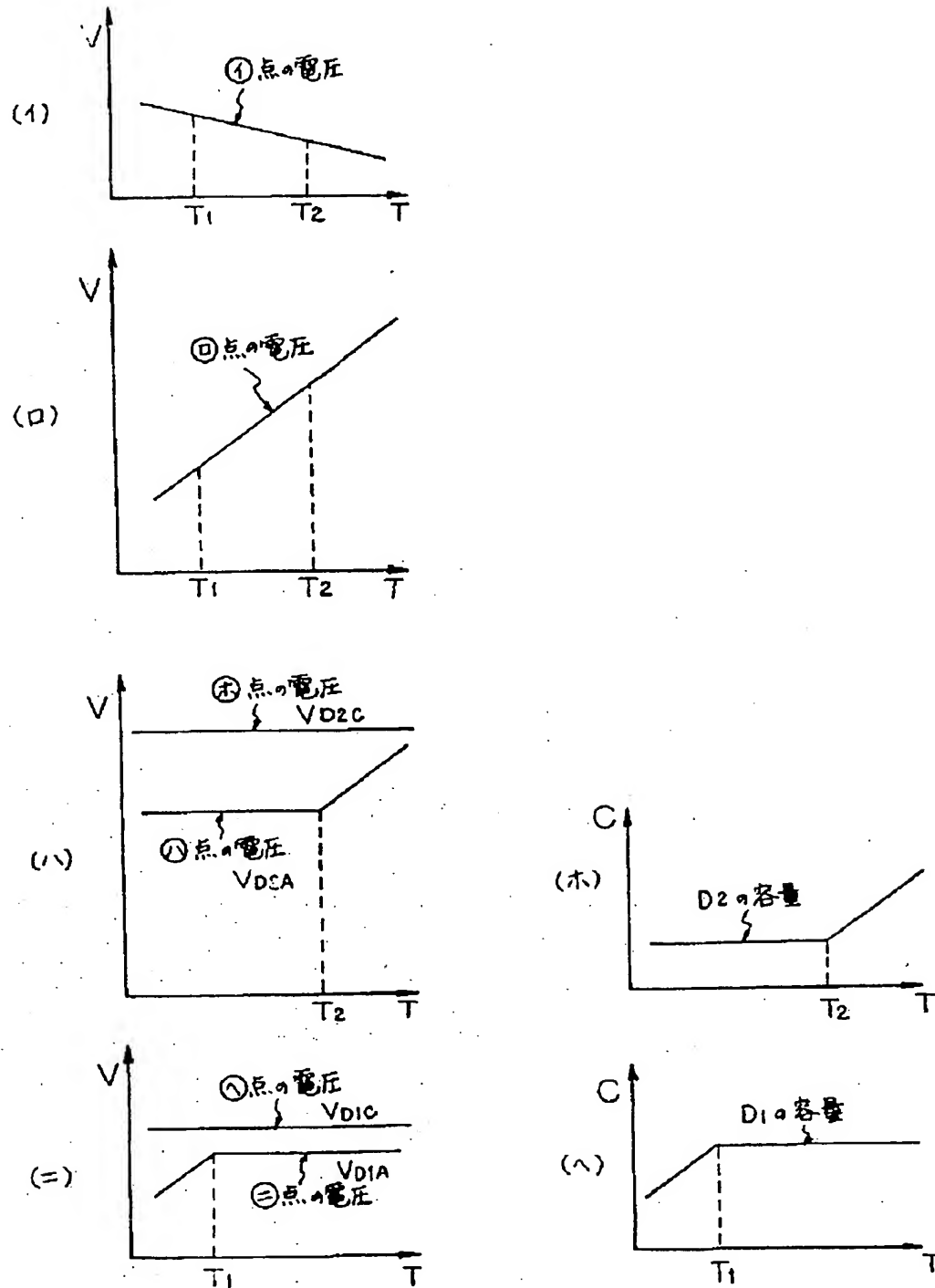


第 4 図

出 願 人 アルプス電気株式会社

代理人弁理士 森 田 寛 (外3名)

BEST AVAILABLE COPY

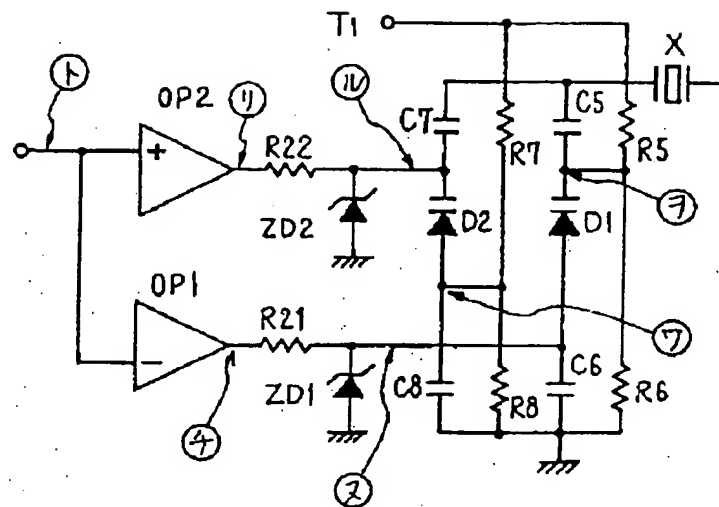


第 5 図

出願人 アルプス電気株式会社
代理人弁理士 森田 寛 (外3名)

53

実開 01-95104

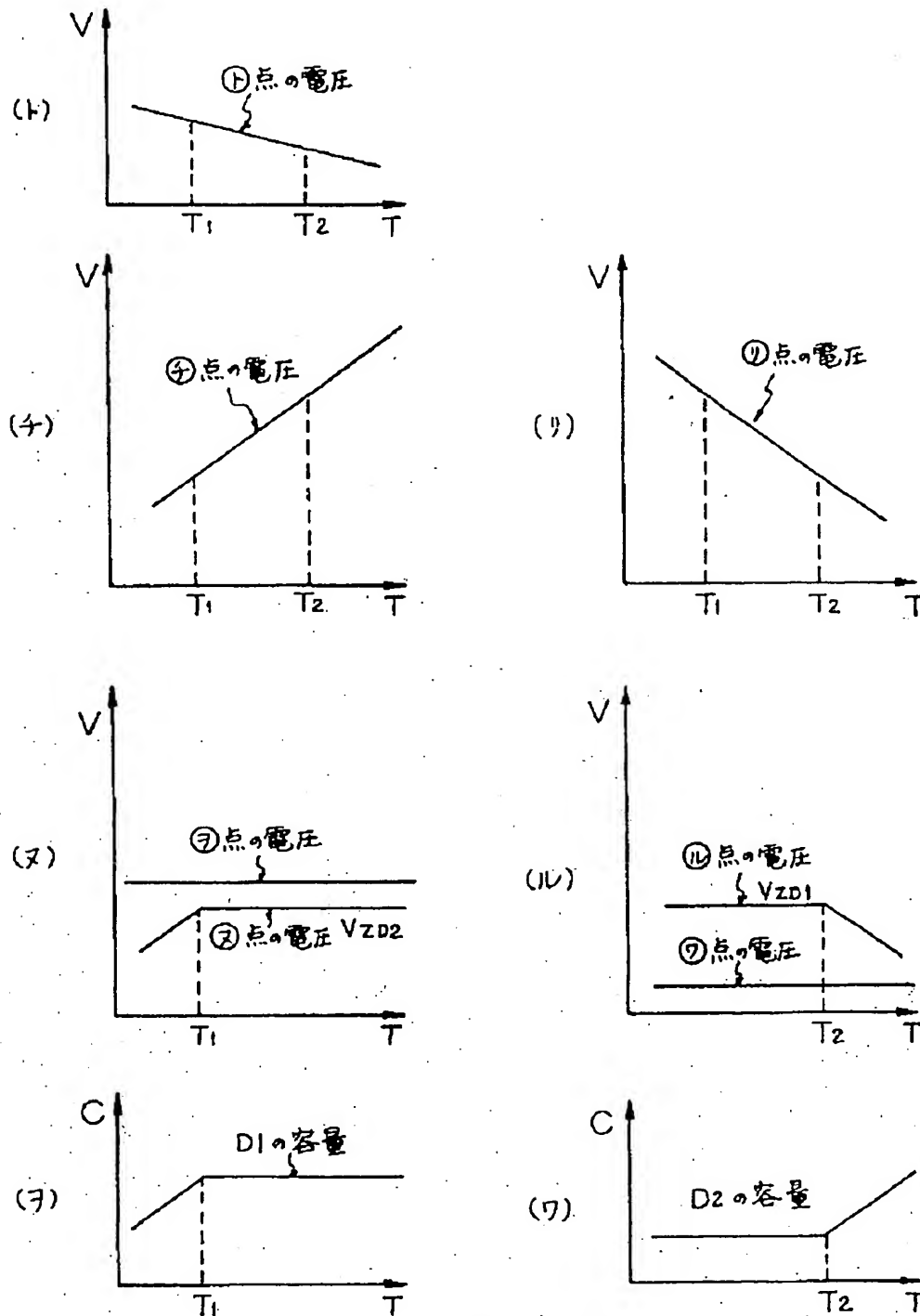


第 6 図

出 願 人 アルプス電気株式会社

代理人弁理士 森 田 寛 (外3名)

BEST AVAILABLE COPY



第7図

出願人 アルプス電気株式会社
 代理人弁護士 森田 寛 (外3名)